

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

研發人員在法則發現作業中的歸納推理特徵之探討

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC94-2511-S-009-004-

執行期間：94 年 08 月 01 日至 95 年 07 月 31 日

執行單位：國立交通大學工業工程與管理學系(所)

計畫主持人：洪瑞雲

計畫參與人員：林孜蓉 侯世環 廖家寧 呂柏輝

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 10 月 23 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

研究人員在法則發現過程中之歸納推理的特徵

Characteristics of R&D Worker's Inductive Reasoning on Rule Discovery Task

計畫編號：NSC 94-2511-S-009-004

執行期限：94 年 8 月 1 日至 95 年 7 月 31 日

主持人：洪瑞雲¹

計畫參與人員：林孜蓉¹ 侯世環² 廖家寧¹ 呂柏輝¹

¹ 國立交通大學工業工程與管理學

² 國立交通大學管理科學學系

一、摘要

本研究的目的即在探討研究人員的歸納推理特徵。研究中，22 位研究人員、23 位工程師、20 位大學生個別以隨機的順序進行數字與文字的 246 法則發現作業（由觀察到的案例中提出法則並以新的案例測試其法則的正確性）各 3 題。資料顯示，三組年齡與經驗不同的人員的法則發現數及測試行為並無顯著差異。但受試者在熟悉（數字題）或不熟悉（文字題）領域的法則發現的正確數及歸納的法則數與測試案例數則有顯著差異，且質性的觀察分析顯示，在假設測試時，有相當比率的工程師與研究人員皆有系統的使用反向測試，顯示由歸納以發現法則的成功因素主要為領域相關知識，測試策略僅為必要但非充分的條件。此外，研究人員與其他兩組的主要差異為他們對自己的「知」的狀態有比較多的認識，對自己推理的正確程度的信心比較低，同時也比較能夠清楚的說明自己在推理過程中所使用的思考策略。

關鍵詞：歸納推理、研究人員、法則發現、領域知識

Abstract

The purpose of this study was to investigate the characteristics of R&D worker's inductive reasoning on rule discovery task, with an assumption that rule discovery requires domain knowledge and experiences in inductive reasoning. 22 R&D workers, 23 engineers, and 20 college students and graduate students were asked to solve 3 numerical and 3 verbal 246 rule discovery tasks. Results showed that participants discovered more rules and engaged in more reasoning in numerical tasks that they were more familiar than unfamiliar verbal tasks. But three groups of subjects did not differ in the number of rules discovered or the reasoning behaviors. However, R&D workers' rated confidence on the accuracy of their discovered rules was significantly lower than those of engineers and

students in numerical tasks.

Qualitative observations further showed that both R&D workers and engineers employed more negative testing strategy than college students. Putting together, results show that the most important factor in rule discovery (inductive reasoning) is domain knowledge. In contrast, testing strategy only plays a necessary but not sufficient role in rule discovery.
Key words: inductive reasoning, R&D workers, rule discovery, domain knowledge.

二、緣由與目的

人類文明的進步主要來自知識與技術的發現與創造。然而，有能力從事知識與技術的研究與發現的人是少數，如何辨識、培育、協助這些人完成他的使命，因此是個重要的工作。文獻指出，科學法則的發現中歸納推理扮演最重要的角色，因此本研究將以研究人員的歸納推理特徵為研究範疇。研究人員究竟具有何思考上的特徵，便是本研究所要探討的問題。

科學家的主要工作在找出可合理的解釋我們觀察到的經驗現象背後的共通法則。這份工作有賴歸納推理與演繹推理 (Dewey, 1933)。歸納推理是一種根據“經驗”去判斷某些現象背後共同的法則的一種推論方式。演繹推理則是根據一些普遍的原則（命題）去推知某些特定的案例的值或屬性的一種方式。由於演繹推理的作用是在已知的條件下以推演出可允許的各種合法間的附屬關係，因此並無法產生新的、未知的知識（法則）。只有

透過歸納推理，人才可以發現新的知識，建立新的法則。F. Bacon (1561-1626) 因此稱歸納思考為科學的基本方法。

科學家的工作在發覺不同事物間是否有共同的地方。要達到這個目的，他們首要的任務是要仔細觀察事物所呈現的各種面向，並進一步找出並描述它們的共同面向。然而，歸納而得到的結論是根據有限的案例建立起來的，只能稱之為假設，其普遍性、正確性必須以演繹邏輯的方式加以測試。在邏輯上，經歸納而得的法則，即使得到再多新案例的支持，亦無法證明其真實性。相反的，萬一有任何與此法則衝突的案例出現時，則此法則的正確性便被推翻了。Popper (1959) 因此主張由歸納而得的假設必須以「證偽」(falsification) 邏輯的方式測試。在無法被證偽的情形下，此假設才可能成為一個可靠的知識。科學家因此需要知道自己所建立起的知識只是一個尚未被證偽的假設，其真實性是無法被確立的，因此要隨時質疑自己的想法。

Klahr & Simon (1999) 指出，科學法則發現的歷程相當於一連串問題解決的活動，且此問題解決的活動和一般人思考、解題的歷程大同小異。在這過程中有三個因素會影響一個人是否能提出良好的假設並設計適當的實驗以驗證假設，一為相關的領域知識、一為一些簡單的思考的策略 (heuristics)、最後則是辨識(recognition)的能力。所謂辨識能力是指型態辨識 (pattern recognition)，即由經驗、資料中辨認出有意義的規則性以作為法則導出的依據 (Harverdy, Koedinger,

Klahr, & Alibali, 2000)。一個型態是由一組屬性 (feature) 以特殊固定的關係 (configuration) 重複呈現。型態辨識因此包含由所觀察到的事物中去分析、抽取出相關屬性、組合屬性間關係等兩項認知作業。一個科學家和常人不同之處之一是在於他們經由專業的訓練，長期記憶中含有大量的領域知識，允許他們在此知識庫中搜尋、找到可以解釋觀察到的現象的有意義型態。在長期記憶的知識庫中搜尋可用的知識型態即是推理或思考策略，這些思考策略可分成強策略 (strong method) 與弱策略 (weak method)。強策略指的是某一專門領域中發展出來的特定解題與推論方法，如數學、統計方法或邏輯分析。弱策略指的是一般人普遍會使用的經驗式的解題技巧如嘗試錯誤 (generate and test)、手段與目的分析 (means-ends analysis)、類比等。這些弱策略的共同特徵是當使用強策略仍找不到可以解題的方法時，人的認知系統自然會由重複嘗試的經驗中發展出一些可趨近目標的方式。弱策略並不保證可以找到最佳解或正確解答，但卻是人在陷入困境時解困的一些方式，具有高度的普遍性與一般性。Klahr & Simon 強調，由於科學發現時所面對的都是前人不曾解過的問題，科學發現有賴科學家以超乎原領域的角度來思考問題，弱策略反而會是主要的思考策略。

歸納推理是一種概念形成、或型態辨識的工作。當事人是根據其已有的相關知識對觀察到的現象間的共同性提出一個分類或解釋的抽象架構 (概念型態的辨識)，以涵蓋、說明這些現象。現象的存在可說是客觀的、

獨立於個人之外的。但一個人是否可以觀察到現象及現象間的共同性，甚至提出一套自己的解釋架構則是視那個人是否具有相關的知識背景並能由有限的案例中萃取出可作為解釋架構的有意義型態而定。在觀察到的有限案例中，若我們無相關的知識，則無法辨識出其所擁有的屬性，知識因此是歸納推理的要件。

科學史上有不少現象顯示一個現存的、被大多數人接受的科學理論(假設)是很難被少數的負面證據推翻的，通常與此理論不符的證據會被忽視，或甚至斥為無稽，往往要經過十分漫長的時間累積了大量的證據後，才會對原先的理論出現革命性的典範大革新 (Kuhn, 1970)，這種以革命而非漸進式的方式更改科學知識的特徵反映出一個科學發現歷程中的困境，亦即，科學家是依賴證據來判斷其法則的正確性，然而證據的辨識與蒐集是十分昂貴且漫長的過程，且含有相當高的雜質 (noise)，需要小心的分析與整合才能完整呈現出事件的面貌。資料蒐集與匯總因此是歸納推理的根本，也是研究人員所需的訓練內容。

一個法則的發現需要許多提出假設、測試假設、根據測試結果修訂假設或提出新假設的迴路。這過程對研究人員而言，其困難之處一為知識的範圍會限制了一個科學家可能提出的假設，一為在假設檢定方面，相對於 Popper 所稱的證偽策略，人的證真偏好也可能進一步讓人偏離真相 (Wason, 1960, 1968; Wason & Johnson-Laird, 1972; Evans, 1989; Newstead & Evans, 1995)。所謂證真

偏好是指大多數人從事假設檢定工作時，傾向蒐集符合自己假設的正例而忽略了與假設不符的負例。在這種證真策略下，我們雖可得到許多肯定我們假設為真的證據，但卻無法發現假設當中可能有的缺陷 (Wason (1960, 1968)，即使是受過良好訓練的科學家，他們的研究往往亦是在證真某個理論 (Carnap, 1966)

此外，證據的蒐集過程並無法保證可以蒐集到完整且有效的證據，因此假設的驗證結果並無法保證所得的結論的正確性。Lakatos & Musgrave (1970) 因此將證偽邏輯分成獨斷的證偽與精緻的證偽兩類。所謂獨斷的證偽指只要有新的資料與先前的理論或假設不符，即推翻此理論或假設；精緻的證偽則是考慮到資料未必百分之百正確無誤，所以只有當新的理論可解釋的現象比舊的理論多，或是有新的資料可以支持新的理論時，才可以推翻原先的理論或假設。亦即，精緻的證偽策略中一方面會考慮到資料的可信度，一方面也會考慮到原先假設之外的另有假設（或理論），此證偽邏輯已考慮到驗證一假設（理論）的資料所具有的歸納推理的性質，和純粹的邏輯推理不。Zualkernan & Johnson (1992) 分析半導體製成專家在系統的錯誤診斷時的口語資料即發現，經驗較多的專家則同時會用到獨斷與精緻的證偽策略，診斷的正確率為 72%，高於經驗較少的專家的正確率(38%)；顯示在物理的實物系統中，只靠獨斷的證偽邏輯並不足以發現系統的問題。

洪瑞雲 (2004) 推論，科學研究的重點並非純形式的邏輯演繹，命題

中的經驗意義才是推理的重心。她以選卡片的作業為實驗材料，操弄法則 ($A \rightarrow B$ 條件句) 的內容是否具有經驗意義。她設計了三類邏輯推論題目，第一類題目中的條件句是架構在有經驗意義的故事內容中，第二類題目中的條件句是架構在沒有經驗意義的故事內容中，第三類則是抽象法則。資料顯示，20 個研發人員與 24 個大學生在第一、三類作業上的邏輯推理正確率差異不明顯，但在第二類的問題中，研發人員的邏輯推理正確率顯著低於大學生，顯示在沒有經驗或相關知識的佐證與支援的情形下，研發人員的演繹推理會受到阻礙。由此她推論，研究人員在做研究時所憑藉的主要是歸納推理，且隨著研究經驗的累積，研究人員的思考借重歸納推理的傾向可能增加。經驗的歸納很難不含雜訊，邏輯的分析僅能測試假設、檢驗其與其他相關知識間的一致性，但證據間的衝突與理論間的矛盾該如何解釋對研究人員的知識才是更大的挑戰。

Morris (2002) 以 30 個大學生為對象的研究發現，雖然數學證明題需要的是演繹邏輯的推理方法，然受試者在證明如「證明對每一正整數 N 而言， $N^2 + N$ 為偶數」這類問題時，有 40% 的受試者會認為只有用歸納推理的方式（尋找正例）才可證明此命題的真偽，有 30% 的受試者認為歸納與演繹推理同樣可證明此命題的真偽，但又認為演繹推理的證明方式優於歸納推理；只有 30% 的受試者認為只有演繹推理可證明此命題的真偽，而歸納推理不能。受試者對歸納與演繹在數學證明上的效力所持的這些信念與

他們其實際上的解題表現並無相關。Morris 因此推論影響數學推理的能力有兩種，一為個人是否有掌握到問題中抽象的「前提—結論」間關係，並據此從事形式思考、演算的能力；另一為個人對數學中的物件（如 1、2、3、4 等數字及加、減、乘、除等演算）的本質及其規則性的信念，如，數字代表什麼？何為數字系統等。由此推論，一個科學法則「 $p \rightarrow q$ 」是否可以確立， p 、 q 、 $p \rightarrow q$ 的經驗意義才是科學思考的核心。

新知的發現往往來自科學家由觀察中偵測到舊有的理論與新的證據間有不一致之處。科學家的核心工作因此是在偵測信念與事實間的不一致並提出解釋。演繹邏輯的主要功用在檢定命題與命題間的一致性 (consistency or coherence)。然一致性並不必然等同於有效性。Johnson-Laird, Girotto, & Legrenzi (2004)指出，當事實與邏輯結論不符時，或經邏輯分析後隱含兩種以上矛盾的命題時（如 $P \rightarrow Q$ 且 $P \rightarrow \sim Q$ 並存時），邏輯本身並無法幫助我們確定那一個命題是正確的。此時，人必須依賴常識或知識來來對命題間的不一致性提出解釋以化解其中的衝突。此解釋的後果可能是拒絕其中的某一命題或拒絕整個推理法則的正確性，並需解釋命題間不一致的理由；由於可能的理由是無限的多，如何將範圍縮小是個重點，所需要的條件為「經驗或理性上說的過去」(making sense)。

Dixon & Bangert (2004)的研究指出，在歸納歷程中法則的發現需要當事人有意的比對案例間的同異，並以恰當的概念架構描述系統的運作法

則。他們分析 56 位大學生在齒輪轉動的問題中發現其中的數學法則的相關歷程。受試者在 12 題練習題之後，接受 32 題測試題，受試者的作業是由啟動齒輪的轉向判斷目標齒輪轉動的方向是左轉、右轉或打結。結果指出，就判斷正確率而言，主要受問題的難度影響，就正確解題的時間而言，主要影響的是受試者使用的屬性表達法，受試者若使用奇偶數的表達法，則解題所需時間最短，其次是左右轉向的表達法，最慢的是以手比畫齒輪轉動方向的類比法，三者差異顯著。但是由解題歷程來看，受試者在第 1 題練習題中使用以手比畫齒輪轉動方向的比例高達 70%，使用奇偶數的表達法的人則為 0。練習到第 12 題時，使用左右轉向的表達法的比率才上升到 35%，到正式測試題第 10 題時，使用左右轉向的表達法的比率才上升到 60%，至 32 題測試題結束，發現奇偶數法則的人只有 25 人 (45%)，顯示對一物理現象的處理與表達法的發展是有階段性與漸進性的，因此，經驗的累積是不可或缺的。此外，資料中出現群聚現象有助型態抽取、辨識的歷程，然資料是否會以群聚的方式出現純是機運的問題，研究當中的法則發現因此含有運氣的成分，否則就只好藉助於長時間的觀察以蒐集大量的案例了。

由 Dixon & Bangert 的研究推論，在由物理或機械案例中發現推倒出系統運作的數學法則的過程中所需要的認知活動主要含：(1) 大量同質異形的案例的處理分析，(2) 在處理每一案例時仔細的分析案例中的細節（如每一齒輪轉動的方向、齒輪的數

目),(3)整合同一系統中不同元件間的關係(上一齒輪與下一齒輪轉動的方向間之正反關係),(4)比較不同案例間的同異(如,奇數的齒輪的轉向與偶數的齒輪的轉向是否不同、雙迴圈的齒輪中每一迴圈的奇偶數與目標齒輪的轉向的關係等),(5)將這些分析的結果整合並以相關的概念(如,左右轉向或奇偶數)表達出來等。由此推論,長期從事研究的人和一般人不同之處在於他們面對同類事件會累積大量的處理經驗,每一案例的處理均會以抽絲剝繭的方式萃取相關的屬性、提出相關假設、設計實驗以獲得更多的新的案例,分析與整合案例間一致與不一致的地方,最後再由相關的知識來架構、解釋所觀察到的現象間的相似與不相似之處,形成一前後一致的法則或理論。

本研究的目的在探討研發人員的歸納推理之特徵,科學知識的發現一方面需要良好的觀察能力與技術,一方面需要有優異的實驗技巧以設計實驗來蒐集有效的資料。然而科學家們也都清楚的知道,任何觀察的工具都有其不可及之處,任何的實驗設計都有其限制。因此,除非有大量的反面證據,一個原有的法則或理論是不可以被輕易的放棄的(Kuhn, 1968)。由此我們推論,歸納推理所需要的條件如觀察、蒐證、對證據的小心分析比較、整合,對證據間的不一致性及證據與理論間的矛盾等的檢測都是研究人員所仰賴的思考技巧。我們預測,長期演練的結果,研究人員的歸納推理的技巧會優於一般人。然而,歸納的性質是掌握所觀察到的不同現象間的共同性質,並將之概念化的一種活動,

此活動是否成功有賴當事人的背景知識與經驗。因此我們也預測,研發人員在他較不熟悉的領域中的歸納推理表現與一般人將差異不大。研究中以大學生與一般的工程師為比較基準。我們預期歸納推理的差異主要並非來自年齡,而是來自知識萃取的經驗。以未有研究經驗的大學或研究生即已有工作經驗的在職人士為對照組,我們預測研究人員的歸納推理將有下列特徵:

1. 1. 歸納案例以發現法則需要領域知識的支援,當缺乏領域知識時,研究人員在法則發現作業上的行為與一般人無異。
2. 2. 長期使用歸納推理的後果,研發人員在領域中的歸納推理行為(如由觀察到的案例中偵測到規則、測試假設的嘗試數等)會與一般人不同。
3. 3. 使用歸納推理的後果,研發人員對由資獲得的結論會較有保留。
4. 4. 研發人員對資料或假設中的不一致性較敏感,且會試圖解決此不一致性(尚未分析,將由質化分析探討)。

二、方法

受試者

年齡在 19 至 25 歲 ($M = 22.25$, $SD = 1.62$) 的 14 個大學生及 6 個研究生(男, 14; 女, 6), 22 個年齡在 16 至 47 歲 ($M = 32.90$, $SD = 6.78$) 的新竹區域的研發人員,(男, 16; 女, 6), 及 23 個年齡在 25 至 52 歲($M = 33.68$, $SD = 7.30$) 新竹科學園區的工程師及附近的教師或職員(男, 15; 女, 8)。學生組的年齡顯著低於其他二組, 後二組的年齡則沒差異。

自變項

研發經驗。為受試者間變項，分 3 個水準，分別是研究人員、一般在職人員、及無研究經驗的在學學生。

法則發現作業及其知識領域。法則發現作業為 Wason 的 2-4-6 作業 (Wason & Johnson-Laird, 1972)。為受試者內變項，分 2 個水準，一為受試者熟習的知識領域（數字法則），一為受試者較不熟習的領域（文字法則）。

數字法則作業。共 3 個，每一作業內含 3 個數字案例，受試者的工作是要設法猜出實驗者當初產生這三個數字時使用的法則。猜測的方式為先推論出一個法則，再根據此法則產生新的案例進行測試，實驗者以 ”是”（符合真實法則）或 ”否”（不符合真實法則）的方式提供回饋，受試者再根據此回饋決定下一步的測試，直到確定已找出法則為止。

中文法則作業。共 3 個，每一作業內含 3 個中文姓名，受試者的工作是找出實驗者當初產生這三個名字時使用的法則。由我們過去的研究 (Horng, Huang, & Huang, 2003) 發現，一般台灣理工或管理系的大學生在此方面的知識不若「數」的概念周延。

歸納推理之衡量

計算數字或文字法則發現作業中歸納推理之衡量

法則發現的正確率。指受試者最後宣告的法則為正確法則的次數。

假設數。指受試者在三題中所測試的假設數。

案例測試量。指受試者在三題中測試的案例總數。

對結論的信心。指受試者評估自己最後宣告的法則為正確法則的平均信心值 (0 至 100%)。

測試策略。法則發現過程中歸納推理之策略。

程序

本研究為個人實驗，程序如下分：

練習。實驗者對受試者說明實驗作業後，在文字及數字題之前分別以一個 246 題的解題示範，但不告知正確的法則。

正式作業。受試者以隨機方式解 3 數字及 3 文字題，同一組的 3 個題目也是隨機出現，實驗者會在旁為其假設的測試案例是否為法則的正例提供立即的回饋；但並不告訴他們正確的法則為何。6 個題目完成後並詢問受試者是否有使用任何策略來幫助解題。受試者也被要求在解題過程中將他的思考內容說出來，全部實驗過程錄音，所需時間約 1 至 1.5 小時。

三、結果與討論

受試者的歸納推理相關變項以 2 (法則之知識領域) X 3 (受試者經驗) 的變異數分析來比較研發經驗對歸納推理的影響。

法則發現的正確率。受試者最後宣告的法則為正確的平均數列於表 1。2 (法則領域) X 3 (經驗) 變異數分析結果僅法則領域的主效果顯著， $F_{(1/60)} = 13.07, MSE = 20.51, p < .001$ 。數字題發現的正確法則數 ($M = 0.92, SD = 0.74$) 高於文字題 ($M = 0.54, SD = 0.86$)，顯示領域知識在歸納推理中的重要性。

假設數。受試者在 3 題中所測試的假設數列於表 1。2 (法則領域) X 3 (經驗) 變異數分析結果僅法則領域的主效果顯著， $F_{(1/62)} = 17.40, MSE = 16.04, p < .001$ 。3 題數字題的假設數

($M = 14.07, SD = 8.05$) 高於 3 題文字題 ($M = 11.06, SD = 6.28$)，顯示領域知識在由案例中導出型態（法則）的重要性。

測試量。受試者在三個題目中所測試的案例總數列於表 1。2 (法則領域) X 3 (經驗) 變異數分析結果僅法則領域的主效果顯著， $F_{(1/62)} = 12.71, MSE = 56.99, p < .001$ 。3 題數字題的總測試案例數 ($M = 24.42, SD = 11.85$) 高於 3 題文字題 ($M = 19.69, SD = 13.21$)，顯示領域知識在由假設中推出測試案例的重要性。

對結論的信心。受試者評估自己最後宣告的法則為正確法則的平均信心值 (0 至 100%) 列於表 1。2 (法則領域) X 3 (經驗) 變異數分析結果沒有任何效果顯著。然對數字及文字題分別進行單因子變異數分析時，發現在數字題中，經驗組別的主效果接近顯著， $F_{(1/61)} = 2.44, MSE = 86.85, p < .096$ 。以 LSD 進行平均數間的比對後發現研究人員的信心低於工程師 ($SE = 2.81, p < .06$)；也低於大學生 ($SE = 2.88, p < .064$)，但大學生與工程師間無差異 ($SE = 2.81, p < .99$)。在文字題中，經驗組別的主效果則不顯著， $F_{(1/61)} = 1.08, MSE = 112.24$ 。由此顯示，研究人員在熟悉的領域中進行歸納推理時對自己的想法反而會比較沒有信心。

測試策略。由觀察及受試者事後的說明發現，研發人員與尚無研究經驗的學生或一般在職人員間最大的差異在於他們對自己的「知」的狀態的掌握與對「自己所知」的正確程度的保留。22 位研究的人員在做完 246 作業後，約一半的人 (10/22) 的人可以

很明確的說明自己使用「消去變項」的方式進行假設的測試並使用反例來測試假設。對自己的策略完全無法掌握或訴諸直覺的僅是少數 (3/22)。有些工程人員（研發或測試工程師）雖也有系統的使用消去法，但他們可以完整而清楚的說出自己的策略的人較少，尚無研發經驗的大學生或研究生則很少人有系統使用消去法，且大多數的人無法說明自己的思考策略。

四、結論與自評

本研究的發現顯示出歸納推理的技能有賴知識，只要具備領域知識，不同年齡者(大學生 vs. 工程師與研究人員)的推理行為與表現相似，本研究中的工程師與研究人員因自願參與的受試者的關係，教育程度與工作性質有相當大的重疊，二者的歸納思考行為因此也沒有太大差異。然由對自己推理的結論的信心評估上，研究工作者有較其他人謹慎的傾向，亦即，他們較能意識到由歸納而得的知識的不確定性。此外，由質性分析觀察到，研究專業人員在推理過程中使用較多較具驗證力的負向測試且此策略的運用有高度的系統性。此研究結果顯示，歸納推理的要件主要為領域知識，而反向測試策略雖是重要的變項，然在缺乏相關知識的情形下，並無法導致法則的發現，因此指示必要但非充分的條件。本研究的語文資料目前尚未完全分析完，因此質性分析尚未有數據支持，有待繼續。

五、參考資料

洪瑞雲 (2004). 為何邏輯那麼難？

假設檢定歷程中的歸納與演藝成分的分析探討。國科會研究計畫報告。

Carnap, R. (1966). *Philosophical foundations of physics*. Basic Book.

表 1：各組受試者歸納推理相關變項之平均數

	研發人員		工程師		大學生	
	M	SD	M	SD	M	SD
數字題						
正確法則數	0.86	0.77	1.04	0.84	0.80	0.62
假設產生數	13.50	6.44	15.52	8.87	13.05	8.79
案例測試數	22.09	10.21	26.43	12.25	24.65	13.15
信心	79.31	9.92	84.71	9.52	84.75	8.37
文字題						
正確法則數	0.45	0.74	0.50	0.91	0.65	0.93
假設產生數	10.68	4.82	10.78	6.16	11.80	7.91
案例測試數	18.41	6.92	21.69	17.13	19.45	13.81
信心	81.67	9.95	86.10	10.37	84.10	11.62

- Dewey, J. (1933/1991). *How we think*. Amherst: Prometheus.
- Dixon, J. A., & Bangert, A. S. (2004). On the spontaneous discovery of a mathematical relation during problem solving. *Cognitive Science*, 28, 433-449.
- Evans, J. St. B. T. (1989). *Biases in human reasoning: Causes and consequences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Evans, J. St. B. T. (2002). Logic and human reasoning: An assessment of deductive paradigm. *Psychological Bulletin*, 128, 978-996.
- Haverty, L. A., Koedinger, K. R., Klahr, D., & Alibali, M. W. (2000). Solving inductive reasoning problems in mathematics: Not-so-trivial pursuit. *Cognitive Science*, 23, 249-298.

- Johnson-Laird, P. N., Girotto, V., & Legrenzi, P. (2004). Reasoning from inconsistency to consistency. *Psychological Review*, 111, 640-661.
- Kareev, Y., & Halberstadt, N., & Shafir, D. (1993). Improving performance and increasing the use of non-positive testing in a rule-discovery task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46, 729-742.
- Klahr, D., & Simon, H. A. (1999). Studies of scientific discovery: Complementary approaches and convergent findings. *Psychological Bulletin*, 125, 524-543.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolution* (2nd ed.). Chicago:Chicago University Press.

Lakato, I., & Musgrave, A. (Eds.)
 (1970). *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press.

Morris, A. K. (2002). Mathematical reasoning: Adults' ability to make the inductive-deductive distinction. *Cognition and Instruction*, 20, 79-118.

Newstesd, S. E. & Evans, J. St. B. T. (1995). *New directions in thinking and reasoning*. Hove, UK: Erlbaum.

Popper, K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. London: Hutchinson.

Stanovich, K. E., & West, R. F. (1999). Discrepancies between normative and descriptive models of decision making and the understanding/acceptance principle. *Cognitive Psychology*, 38, 349-385.

Wason, P. C. (1960). On the failure to eliminate hypotheses in a conceptual task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 129-140.

Wason, P. C. (1968). Reasoning about a rule. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 273-281.

Wason, P. C., & Johnson-Laird, P. N. (1972). *Psychology of reasoning: Structure and content*. London: Batsford.

Zualkernan, I. A., & Johnson, P. E. (1992). Metaphors of reasoning as problem-solving tools. *Metaphor and Symbolic Activity*, 7, 157-184.